



21 世纪高职高专机电工程类规划教材
21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN JDIANGONGCHENGLEI GUIHUA JIAOCAI

PLC 原理 及应用技术

P

LC Yuanli
Ji Yingyong Jishu

- 曾令琴 主编
贾磊 副主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专机电工程类规划教材

PLC 原理及应用技术

曾令琴 主 编

贾 磊 副主编

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

PLC原理及应用技术 / 曾令琴主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2012.3
21世纪高职高专机电工程类规划教材
ISBN 978-7-115-27266-9

I. ①P… II. ①曾… III. ①PLC技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第280269号

内 容 提 要

本书主要包括可编程控制器(PLC)概述、PLC的构成及工作原理、FX系列PLC概述、FX系列PLC的基本指令及编程、FX系列PLC步进指令及其应用、FX系列PLC的功能指令、FX系列PLC的特殊扩展模块、PLC的工程应用及程序设计、PLC实验指导等内容。

本书紧扣当前教学需求和工程实际,提供了大量的编程实例,为了减少编程错误,程序全部经过编者的上机验证或仿真验证,以最大限度地减少由于程序错误而给教学带来的不便。

本书可作为高职高专院校机电一体化、自动化等专业的教材,也可供相关从业人员参考。

21世纪高职高专机电工程类规划教材

PLC 原理及应用技术

主 编 曾令琴

副 主 编 贾 磊

责任编辑 赵慧君

人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

开本: 787 1092 1/16

印张: 17.25

2012年3月第1版

字数: 421千字

2012年3月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-27266-9

定价: 34.80元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

随着科学技术的发展,可编程控制器(Programmable Controller, PLC)这种新型的电气控制技术由单体设备的简单控制到较为复杂的运动控制、过程控制及集散控制,实现了令人瞩目的跨越,在世界工业主流控制领域中发挥着越来越大的作用。为了帮助学习者更好地掌握 PLC 的应用技术,编者将理论与实践紧密结合,编写了本书。

本书参考了国家维修电工(高级)职业技能鉴定对 PLC 原理及应用技术方面的要求,把 PLC 的历史及发展趋势,特点、应用领域及其性能指标作为第 1 章介绍给读者;把 PLC 的构成和工作原理作为第 2 章内容;第 3 章着重讲述 FX 系列 PLC 内部各种软元器件的性能特点及应用;FX 系列 PLC 的基本指令和编程方法在第 4 章中用了大量篇幅和举例进行阐述,为 PLC 应用技术打下较为坚实的基础;第 5 章通过工程实例解读了 FX 系列 PLC 的步进指令及其编程方法;第 6 章讲述功能指令的格式及应用的内容;第 7 章介绍了 FX 系列 PLC 的特殊功能模块及其通信技术;第 8 章讲述了 FX 系列 PLC 的工程应用。本书前 8 章内容对 PLC 原理及应用技术由简单到复杂、由浅入深,循序渐进地进行了讲解,而第 9 章则结合前 8 章内容制订了相应的实训项目,以便使理论与实践紧密结合,培养学习者的动手能力,为其日后走上工作岗位打下良好的基础。

编者利用仿真软件及相关设备对本书中的所有程序进行了仿真和上机调试,尽可能避免程序错误对学习者的不良影响,尽量采用通俗易懂的语言阐述理论,并全面、细致地剖析了程序编制方法,让本书不仅适用于教学,也适用于自学。

编者花了很大心血精心编制了易学好用的课件,为教师的教学和自学者学习提供方便。本书中各章后均附有习题,以便于学习者巩固所学内容。

本书由黄河水利职业技术学院曾令琴副教授担任主编,黄河水利职业技术学院贾磊担任副主编。其中,曾令琴编写了第 3 章、第 5 章和第 6 章,并负责对全书统稿,贾磊编写了第 1 章、

第 4 章和第 9 章；温州职业技术学院温作锐编写了第 2 章和第 7 章，黄河水利职业技术学院董新法编写了第 8 章。

由于编者水平有限，书中难免存在错误和疏漏之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 12 月

目 录

第 1 章 PLC 概述	1	3.1.1 FX 系列 PLC 产品的型号	23
1.1 PLC 的定义	1	3.1.2 FX 系列 PLC 产品的组成	24
1.2 PLC 的历史及发展	2	3.1.3 FX 系列 PLC 产品的基本单元	25
1.2.1 PLC 的历史	2	3.1.4 FX _N 系列 PLC 产品的技术性能指标	26
1.2.2 PLC 的发展	3	3.1.5 数字量 I/O 单元的接线方式	28
1.2.3 可编程控制技术的发展趋势	4	3.2 FX 系列 PLC 的软元器件	30
1.3 PLC 的特点与基本功能	5	3.2.1 输入继电器 (X)	31
1.3.1 PLC 的特点	5	3.2.2 输出继电器 (Y)	31
1.3.2 PLC 的基本功能	6	3.2.3 辅助继电器 (M)	32
1.4 PLC 的分类与性能指标	8	3.2.4 状态继电器 (S)	33
1.4.1 PLC 的分类	8	3.2.5 定时器 (T)	33
1.4.2 PLC 的性能指标	9	3.2.6 计数器 (C)	34
习题	10	3.2.7 数据寄存器 (D)	36
第 2 章 PLC 的构成及工作原理	11	3.2.8 变址寄存器 (V/Z)	37
2.1 PLC 的硬件组成	11	3.2.9 指针 (P、I)	38
2.1.1 CPU	12	3.2.10 常数 (K/H)	39
2.1.2 存储器	12	3.2.11 数据类软元器件的结构形式	39
2.1.3 I/O 单元	13	3.3 FX-20P-E 简易编程器的使用	40
2.1.4 PLC 的编程装置	16	3.3.1 FX-20P-E 编程器的结构及组成	40
2.1.5 电源	16	3.3.2 编程操作	42
2.1.6 其他外部设备	17	3.3.3 监控操作	48
2.2 PLC 的软件组成	17	习题	51
2.2.1 系统程序	17	第 4 章 FX 系列 PLC 的基本指令及编程	53
2.2.2 用户程序	18	4.1 FX 系列 PLC 的基本指令	53
2.3 PLC 的工作特点及工作原理	20	4.1.1 逻辑取指令、线圈驱动指令及其使用说明	53
2.3.1 PLC 的工作特点	20		
2.3.2 PLC 扫描工作的过程	20		
2.3.3 PLC 的工作原理	21		
习题	22		
第 3 章 FX 系列 PLC 概述	23		
3.1 FX 系列 PLC 简介	23		

4.1.2	触点串联指令及其使用说明	54	4.3.9	基本指令的综合应用	76
4.1.3	触点并联指令及其使用说明	55	4.4	FX 系列 PLC 编程软件 GX Works2 的操作	80
4.1.4	电路块并联连接指令及其使用说明	56	4.4.1	GX Works2 的主要功能	81
4.1.5	电路块串联连接指令及其使用说明	56	4.4.2	GX Works2 编程软件的特点	83
4.1.6	堆栈指令及其使用说明	57	4.4.3	GX Works2 的启动与退出	85
4.1.7	主控指令及其使用说明	59	4.4.4	建立一个新工程	86
4.1.8	微分、置位和复位指令及其使用说明	60	4.4.5	软件界面项目简介	87
4.1.9	上升沿与下降沿取指令及其使用说明	61	4.4.6	用梯形图方式编制程序	88
4.1.10	上升沿和下降沿与指令及其使用说明	62	4.4.7	保存、打开工程	89
4.1.11	上升沿和下降沿或指令及其使用说明	62	4.4.8	程序的写入与读出	90
4.1.12	逻辑取反指令及其使用说明	63	习题	91	
4.1.13	空操作指令及其使用说明	63			
4.1.14	程序结束指令及其使用说明	64			
4.2	FX 系列 PLC 的编程规则	64	第 5 章 FX 系列 PLC 步进指令及其应用	95	
4.2.1	FX 系列 PLC 梯形图中的几个概念	64	5.1	FX 系列 PLC 的步进指令	95
4.2.2	PLC 控制系统与继电器-接触器控制系统的比较	65	5.1.1	顺序功能图	95
4.2.3	FX 系列 PLC 梯形图的编程规则	68	5.1.2	顺控步进指令	98
4.3	FX 系列 PLC 基本指令的应用	70	5.1.3	STL、RET 指令的使用说明	100
4.3.1	具有自锁功能的程序	70	5.1.4	步转移功能图与步进梯形图之间的转换	100
4.3.2	具有连锁控制功能的程序	71	5.1.5	编制步进梯形图的注意事项	101
4.3.3	产生脉冲的程序	72	5.2	分支、汇合状态转移图的程序编制	102
4.3.4	断电延时动作的程序	73	5.2.1	选择性分支、汇合及其编程	102
4.3.5	多个定时器组合的延时程序	74	5.2.2	并行性分支、汇合及其编程	103
4.3.6	应用计数器的延时程序	75	5.2.3	分支、汇合的组合流程及虚设状态	105
4.3.7	定时器与计数器组合的延时程序	76	5.2.4	跳转与循环结构	107
4.3.8	计数器级联程序	76	5.3	FX 系列 PLC 步进指令的应用	108
			5.3.1	单流程的控制实例	108
			5.3.2	选择性分支、汇合的控制实例	111
			5.3.3	并行性分支、汇合的控制实例	113

5.3.4 应用步进指令设计程序	117	6.6.2 编码和译码指令	154
习题	120	6.6.3 平均值指令	156
第 6 章 FX 系列 PLC 的功能指令	123	6.6.4 平方根指令	157
6.1 功能指令概述	123	6.6.5 浮点数转换指令	157
6.1.1 功能指令的基本格式	123	6.6.6 报警装置位、复位指令	157
6.1.2 功能指令的使用要素	124	6.6.7 数据处理类指令的应用	158
6.1.3 功能指令的变址操作	124	6.7 高速处理指令	159
6.2 程序流程控制指令	125	6.7.1 高速计数器指令	159
6.2.1 条件跳转指令	125	6.7.2 脉冲输出指令	160
6.2.2 子程序调用指令	127	6.7.3 高速计数器指令使用注意	
6.2.3 中断指令	128	事项	160
6.2.4 主程序结束指令	131	6.7.4 脉宽调制指令	161
6.2.5 监视定时器指令（警戒时钟		6.8 便利指令	161
指令）	132	6.8.1 置初始状态指令	162
6.2.6 循环指令	133	6.8.2 交替输出指令	162
6.3 传送与比较指令	134	6.8.3 斜坡信号输出指令	162
6.3.1 比较指令	134	6.9 外部设备指令	163
6.3.2 区间比较指令	135	6.9.1 串行通信指令	163
6.3.3 传送指令	136	6.9.2 并行通信指令	163
6.3.4 移位传送指令	136	6.9.3 比例积分微分指令	164
6.3.5 取反传送指令	137	6.10 功能指令汇总	165
6.3.6 块传送指令	138	习题	179
6.3.7 多点传送指令	138		
6.3.8 传送比较类指令的应用	138	第 7 章 FX_{2N} 系列 PLC 的特殊扩展	
6.4 算术运算与逻辑运算指令	141	模块	181
6.4.1 算术运算指令	141	7.1 特殊功能模块的类型及应用	181
6.4.2 加 1、减 1 指令	144	7.1.1 特殊功能模块的类型	181
6.4.3 字逻辑运算指令	145	7.1.2 特殊功能模块的安装与读/写	
6.4.4 算术运算、逻辑运算类指令的		操作	186
应用	146	7.1.3 FX _{2N} -4AD 模拟量输入模块	187
6.5 循环移位与移位指令	147	7.1.4 FX _{2N} -4DA 模拟量输出模块	192
6.5.1 循环移位指令	147	7.1.5 FX _{2N} -2LC 温度调节模块	195
6.5.2 位元器件移位指令	149	7.2 其他特殊功能模块	196
6.5.3 字元器件移位指令	150	7.2.1 高速计数模块 FX _{2N} -1HC	196
6.5.4 移位控制类指令的应用		7.2.2 脉冲输出模块 FX _{2N} -1PG	198
实例	151	7.3 FX _{2N} 系列 PLC 的通信技术	199
6.6 数据处理指令	153	7.3.1 通信方法和通信协议的	
6.6.1 区间复位指令	153	概念	200

7.3.2	FX _{2N} 系列 PLC 的 N:N 通信网络	203	8.4	PLC 的安装与维护	231
7.3.3	计算机链接	206	8.4.1	PLC 的安装	231
7.3.4	无协议通信	206	8.4.2	PLC 的维护	233
7.3.5	可选编程端口通信	207	习题		235
7.3.6	S1116 前端模块	207	第 9 章 PLC 实训指导		237
习题		208	9.1	FX-TRN-BEG-CL 仿真软件操作练习	237
第 8 章 PLC 的工程应用及程序设计		209	9.2	GX Works2 编程软件基本操作练习	241
8.1	PLC 应用开发的内容与步骤	209	9.3	定时器、计数器指令的训练	243
8.1.1	PLC 控制系统设计的基本原则	209	9.4	基本指令的综合编程训练(一)	245
8.1.2	PLC 控制系统的设计内容	210	9.5	基本指令的综合编程训练(二)	246
8.1.3	PLC 控制系统的设计步骤	210	9.6	步进指令的程序输入及编程训练	248
8.1.4	PLC 的软件设计方法	211	9.7	功能指令的程序输入训练	249
8.2	电气控制线路的 PLC 改造	212	9.8	功能指令的编程训练	251
8.2.1	PLC 改造过程中的常见问题	213	9.9	课程设计: C650 机床电气控制的 PLC 改造	252
8.2.2	继电-接触器控制系统的 PLC 改造实例	216	9.10	课程设计: 7 层电梯的 PLC 控制系统	255
8.3	PLC 在电梯控制中的应用	221	附录 FX_{2N} 系列 PLC 特殊元器件编号及名称检索		257
8.3.1	电梯的机械结构及功能	222	参考文献		268
8.3.2	电梯控制系统及具体控制要求	223			
8.3.3	PLC 选型和 I/O 端子分配	224			
8.3.4	设计电梯的 PLC 控制梯形图	226			

第 1 章

PLC 概述

PLC 问世至今已经有 40 多年的历史了,从最初的逻辑控制发展到今天的数字控制,其应用领域从小到大,从少到广,由单体设备的简单控制到较为复杂的运动控制、过程控制及集散控制,实现了令人瞩目的跨越。作为一种专门应用于工业控制的计算机,PLC 在世界工业主流控制领域中发挥着越来越大的作用。

本章学习目的

了解 PLC 的定义,熟悉 PLC 的历史和最新的发展趋势,了解 PLC 在工业中的作用。

1.1

PLC 的定义

PLC 是一个以微处理器为核心的数字运算操作的电子系统装置,英文为 Programmable Controller,如果简称取前两个字母,就会和个人计算机(Personal Computer)的缩写相同,为了予以区别,人们习惯把可编程控制器缩写为 PLC。

国际电工学会(IEC)曾先后于 1982 年 11 月、1985 年 1 月和 1987 年 2 月发布了 PLC 标准草案的第一、第二和第三稿。在第三稿中对 PLC 下了这样的定义:PLC 是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设计。它采用了可编程的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作功能的指令,并通过数字、模拟的输入和输出,控制各种类型的机械或生产过程,PLC 及其有关的外围设备都应按易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩充其功能的原则设计。

国际电工学会对 PLC 所下的定义中有以下几点值得注意。

① PLC 是数字运算操作的电子系统。强调了它带有“可编制程序的存储器”,具有“执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作”功能,这显然告诉人们,PLC 具有计算机的基本特征。

② PLC 专为在工业环境下应用而设计。工业环境具有高粉尘、高噪声、强电磁干扰等特点,普通计算机无法在这样的环境下工作。而作为专为工业环境下应用而设计的计算机,为了在控制“机械或生产过程”的同时能“易于与工业控制系统形成一个整体”,它除了具有计算机

的基本功能外，还必须具备能适应工业环境的特殊构造。

③ PLC 能“控制各种类型的机械或生产过程”，并且“易于扩充其功能”。作为专为工业环境下应用而设计的通用工业控制计算机，PLC 的程序可以根据控制对象的不同要求，方便使用者灵活地对其编制程序或进行程序改进，以适用于各种工业场合。

通过 PLC 的定义我们还可以了解到，相对于普通办公室应用的计算机，PLC 不仅具有计算机的内核，还配置了相当数量的适用于工业环境控制的元器件，因此它必须经过二次开发才能在工业设备上使用。如果我们把普通办公室应用的计算机称为“白领计算机”的话，那么 PLC 就是一种地道的“蓝领计算机”。

1.2

PLC 的历史及发展

1.2.1 PLC 的历史

在 PLC 出现前，工业电气控制领域中，继电器控制占主导地位，应用广泛。但是电气控制系统存在体积大、可靠性低、查找和排除故障困难等缺点，特别是其接线复杂、不易更改，对生产工艺变化的适应性差。为此，在 20 世纪 60 年代末期，PLC 第一次被提出。

1968 年美国通用汽车公司（GM）为了适应汽车型号不断更新、生产工艺不断变化的需要，实现小批量、多品种生产，对外公开招标，要求用新的控制装置取代继电器控制盘以改善生产，并提出了以下 10 项招标指标。

- ① 编程方便，现场可修改程序。
- ② 维修方便，采用插件式结构。
- ③ 可靠性高于继电器控制盘。
- ④ 体积小于继电器控制盘。
- ⑤ 数据可直接送入管理计算机。
- ⑥ 成本可与继电器控制盘竞争。
- ⑦ 可输入市电。
- ⑧ 可输出市电，输出电流在 2A 以上，可直接驱动电磁阀、接触器等。
- ⑨ 系统扩展时原系统变更很少。
- ⑩ 用户程序存储器容量大于 4KB。

提出的这 10 项指标，显然希望能有一种新型的工业控制器，能做到尽可能减少重新设计和更换电器控制系统及接线，以降低成本、缩短周期。并设想将计算机功能强大、灵活、通用性好等优点与电气控制系统简单易懂、价格便宜等优点结合起来，制成一种通用控制装置，而且这种装置采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”进行编程，使不熟悉计算机的人也能很快掌握使用方法。

针对上述 10 项指标，1969 年美国数字设备公司（DEC）研制成功了世界上第一台 PLC，

型号为 PDP-14, 并在通用汽车公司的自动装配线上试用, 取得很好的效果。从此这项技术迅速发展起来。

第一台 PLC 问世以后不久, 美国的 MODICON 公司也推出了同名的 084 控制器, 而且这项新技术迅速在世界各国得到推广应用。1971 年日本从美国引进这项技术, 很快研制出第一台 PLC——DSC-18。1973 年, 西欧国家也研制出它们的第一台 PLC。我国则从 1974 年开始研制, 1977 年开始在工业领域推广应用。这些早期的控制器满足了最初的要求, 特别是改革开放后, 美国的 AB、GE、MODICON、TI, 日本的三菱、欧姆龙、富士, 德国的西门子等厂家的产品不断进入我国, 并在各行各业的工控系统中占据重要地位, 打开了新控制技术发展的门户。

目前, 世界上有 200 多家 PLC 厂商, 400 多个品种的 PLC 产品, 按地域可分成美国、欧洲、日本三个流派产品, 各流派的 PLC 各具特色。

如美国 AB (Allen-Bradly) 公司的 SLC500PLC 是一个基于机架的中型控制系统, 由控制器、离散量模块、模拟量模块和特殊输入、输出模块及外围设备组成, 可提供广泛的通信配置。AB 公司的产品约占美国 PLC 市场 50% 的份额; 德国西门子公司公司的 S7-400PLC 有极高的处理速度, 其 CPU 资源非常强大, 工作内存最高可达 20MB, 定时器和计数也非常突出; 日本三菱公司生产的 FX 系列 PLC, 性能先进、结构紧凑、价格低廉, 在世界小型 PLC 市场上约占有 70% 的份额。

1.2.2 PLC 的发展

早期的 PLC 主要由分立元器件和中小规模集成电路组成, 仅有简单的逻辑控制、逻辑运算、定时、计数等顺序控制功能, 只是用来取代传统的继电器控制。

PLC 的发展与计算机技术、控制技术、数字技术、通信网络技术等高新技术的发展息息相关, 正是这些高新技术的发展推动了 PLC 的发展。从控制功能来看, PLC 的发展大致经历了以下 4 个阶段。

1. 初级阶段

从第一台 PLC 问世直到 20 世纪 70 年代中期为 PLC 发展的初级阶段。由于第一代 PLC 是为了取代继电器的, 因此, 初级阶段的主要功能是逻辑运算和计时、计数功能。CPU 由中小规模数字集成电路构成, 主要产品有 MODICON 公司的 084, AB 公司的 PDQ-IL, DEC 公司的 PDP-14, 日立公司的 SCY-022 等。初级阶段已经采用了梯形图作为编程语言, 尽管有些枯燥, 但却形成了工厂的编程标准。

2. 扩展阶段

从 20 世纪 70 年代中期到 70 年代末期是 PLC 发展中的扩展阶段。在这一阶段, 为方便熟悉继电器、接触器系统的工程技术人员使用 PLC 技术, PLC 采用和继电器电路图类似的梯形图作为主要编程语言, 并将参加运算及处理的计算机存储元器件都以继电器命名。此时的微处理器技术已经应用到 PLC 中, 使其增加了算术运算、数据传送和数据处理等功能, 完成了真正具有计算机特征的工业控制装置, PLC 产品的控制功能得到进一步的较大扩展, 成为微型计算技术和继电器常规控制概念相结合的产物。这一阶段的产品主要有 MODICON 公司的 184、284、

384 系列, 西门子公司的 SIMATIC S3 系列, 富士电机公司的 SC 系列等。

3. 通信阶段

20 世纪 70 年代末期到 80 年代中期为 PLC 发展的第 3 个阶段。

20 世纪 70 年代末期, 计算机技术全面引入 PLC, 使其功能发生了质的飞跃。更高的运算速度、超小型体积、更可靠的工业抗干扰设计、模拟量运算、PID 功能及极高的性价比奠定了 PLC 在现代工业中的地位。20 世纪 80 年代初, PLC 在先进工业国家中已获得广泛应用, PLC 已经从汽车行业迅速扩展到其他行业, 作为继电器的替代品进入了食品、饮料、金属加工、制造和造纸等多个行业。这个时期 PLC 产品与计算机通信形成了分布式通信网络。但是, 由于各制造商各自为政, 通信系统也是各有各的规范。这一阶段的产品主要有西门子公司的 SIMATIC S6 系列, GOULD 公司的 M84、884 系列, 富士电机公司的 MICRO 系列和 TI 公司的 TI530 系列等。

4. 开放阶段

从 20 世纪 80 年代中期开始, 由于国际标准化组织提出了开放系统互连的参考模型 (OSI), 使 PLC 技术在开放功能上有较大发展。主要表现为通信系统的开放, 使各制造厂商的产品可以通信, 通信协议开始标准化, 使用户得益。此外, PLC 开始采用标准化软件系统, 使用高级语言编程, 并完成了编程语言的标准化工作。这一阶段的产品有西门子公司的 S7 系列, AB 公司的 PLC-5、SLC500, 德维森的 V80 和 PPC11, 加拿大 ONLINECONTROL 公司与合控电气公司所开发的 OPENPLC 等。

从 20 世纪末期至今, PLC 技术的发展更加适用于现代工业的需要。从控制规模上, 发展了大型机和超小型机; 从控制能力上, 诞生了各种各样的特殊功能单元, 用于压力、温度、转速、位移等各式各样的控制场合; 从产品的配套能力上, 生产了各种人机界面单元、通信单元, 使应用 PLC 技术的工业控制设备的配套更加容易。目前, PLC 技术在机械制造、石油化工、冶金钢铁、汽车、轻工业等领域的应用都得到了长足的发展。

我国 PLC 的研制、生产和应用也发展很快, 尤其在应用方面更为突出。在 20 世纪 70 年代末和 80 年代初, 随着对国外 PLC 成套设备、专用设备的大量引进, 对传统的设备进行改造和新设备设计的过程中, 在取得显著经济效益的同时, PLC 在我国的应用也越来越广泛, 对提高我国工业自动化水平起到了巨大的作用。目前, 我国已经能够独立生产中小型 PLC。上海东屋电气有限公司生产的 CF 系列、杭州机床电器厂生产的 DKK 及 D 系列、大连组合机床研究所生产的 S 系列、苏州电子计算机厂生产的 YZ 系列等多种产品已具备了一定的规模并在工业产品中获得了应用。此外, 无锡华光公司、上海乡岛公司等中外合资企业也是我国比较著名的 PLC 生产厂家。

1.2.3 可编程控制技术的发展趋势

在未来的相当一段时间内, 更多的新成果会越来越多地应用于 PLC 的设计和制造上, 使 PLC 的运算速度更快、存储容量更大、组网能力更强。在产品规模上, PLC 会进一步向超小型及超大型方向发展。在产品配套上, PLC 的品种会更加丰富、规格会更加齐全、人机界面会更

加完美、通信设备会更加完备。从市场上看,随着 PLC 的普及,国际通用的编程语言成为人们的追求,各国生产多种品种产品的格局将被打破,通用的品牌效益更加明显。目前计算机集散控制系统及现场总线控制系统中已经有大量的 PLC 在应用中,伴随着总线技术及计算机网络的进一步发展,PLC 作为自动化控制网络或国际通用网络的重要组成部分,和其他工业控制计算机组网,构成大型的控制系统是今后网络发展的必然。随着我国现代化进程的深入,PLC 在我国将有更广阔的应用天地。

从近年的统计数据看,在世界范围内 PLC 产品的产量、销量、用量高居工业控制装置榜首,而且市场需求量一直以每年 15% 的比率上升。PLC 已成为工业自动化控制领域中占主导地位的通用工业控制装置。为此,作为工程技术人员,学习和掌握 PLC 应用技术刻不容缓,十分必要。

1.3

PLC 的特点与基本功能

PLC 技术之所以高速发展,除了工业自动化的客观需要外,主要是因为 PLC 能较好地解决工业领域中普遍关心的可靠、安全、灵活、方便、经济等问题,具有许多独特的特点。

1.3.1 PLC 的特点

1. 可靠性高、抗干扰能力强

可靠性高主要表现在以下几个方面。

① PLC 不需要大量的活动部件和电子元器件,接线大大减少,与此同时,系统维修简单且时间短,因此可靠性得到提高。

② PLC 采用一系列可靠性设计方法进行设计,如冗余设计、掉电保护、故障诊断、报警和运行信息显示、信息保护及恢复等,提高了平均无故障时间,降低了平均恢复前时间,使可靠性得到提高。

③ PLC 有较强的易操作性,编程简单、操作方便,编程的出错率大大降低。为此,在工业恶劣操作环境下工作的硬件可靠性也相应大大提高。

④ 在 PLC 的硬件设计方面,采用了一系列提高可靠性的措施。例如,采用可靠性高的工业级元器件,采用先进的电子加工工艺(SMT)制造,对于抗采用屏蔽、隔离和滤波等;存储器内容的保护,采用看门狗和自诊断措施,便于维修的设计等。通常 PLC 的平均无故障时间可达几十万个小时。

任何电子设备产生的故障,通常分为以下两类。

(1) 偶发性故障

偶发性故障指由于外界恶劣环境如电磁干扰、超高温、超低温、过电压、欠电压、振动等引起的故障。这类故障,只要不引起系统部件的损坏,一旦环境条件恢复正常,系统也随之恢复正常。但对 PLC 而言,受外界影响后,内部存储的信息可能被破坏。

(2) 永久性故障

永久性故障指由于元器件不可恢复的破坏而引起的故障。

如果能限制偶发性故障的发生条件,使 PLC 在恶劣环境中不受影响或能把影响的后果限制在最小范围,使 PLC 在恶劣条件消失后自动恢复正常,就能提高平均故障间隔时间;如果能在 PLC 上增加一些诊断措施和适当的保护手段,在永久性故障出现时,能很快查出故障发生点,并将故障限制在局部,就能降低 PLC 的平均修复时间,为此,各 PLC 的生产厂商在硬件和软件方面采取了多种措施,使 PLC 除了本身具有较强的自诊断能力,能及时给出出错信息,停止运行等待修复外,还使 PLC 具有很强的抗干扰能力。

可靠性高、抗干扰能力强是 PLC 最重要的特点,一份用户选用 PLC 原因的调查报告指出:在各种选用 PLC 的原因中,首选的是可靠性高的原因占 93%,其次才是性能和维修方面的原因。

2. 编程简单、使用方便

目前,大多数 PLC 采用的编程语言是梯形图语言,它是一种面向生产、面向用户的编程语言。梯形图与电器控制线路图相似,形象、直观,不需要掌握计算机知识,很容易让广大工程技术人员掌握。当生产流程需要改变时,可以现场改变程序,使用方便、灵活。同时,PLC 编程器的操作和使用也很简单。这也是 PLC 获得普及和推广的主要原因之一。

许多 PLC 还针对具体问题,设计了各种专用编程指令及编程方法,进一步简化了编程工作。

3. 功能完善、通用性强

现代 PLC 不仅具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制等功能,而且还具有 A/D 和 D/A 转换、数值运算、数据处理、PID 控制、通信联网等多种功能。同时,由于 PLC 产品的系列化、模块化,有品种齐全的各种硬件装置供用户选用,可以组成满足各种要求的控制系统。

4. 设计安装简单、维护方便

由于 PLC 用软件代替了传统电气控制系统的硬件,控制柜的设计、安装接线工作量大为减少。PLC 的用户程序大部分可在实验室进行模拟调试,缩短了应用设计和调试周期。在维修方面,由于 PLC 的故障率极低,维修工作量很小,而且 PLC 具有很强的自诊断功能,如果出现故障,可根据 PLC 上指示或编程器上提供的故障信息,迅速查明原因,维修极为方便。

5. 体积小、重量轻、能耗低

由于 PLC 采用了集成电路,其结构紧凑、体积小、能耗低,因而是实现机电一体化的理想控制设备。

1.3.2 PLC 的基本功能

目前,在国内外 PLC 已广泛应用冶金、石油、化工、建材、机械制造、电力、汽车、轻工、环保及文化娱乐等各行各业,随着 PLC 性价比的不断提高,其应用领域不断扩大。从应用类型看,PLC 的基本功能大致可归纳为以下几个方面。

1. 开关量逻辑控制功能

开关量逻辑控制是 PLC 最基本、最广泛的应用领域。利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能,取代传统的继电器控制,实现逻辑控制、顺序控制,既可用于单机控制,也可用于多机群控制及生产自动化流水线控制等,如机床、注塑机、印刷机械、装配生产线、电镀流水线及电梯的控制等。这是 PLC 最基本,也是最广泛的应用领域。

2. 模拟量控制功能

在工业生产过程中,有许多连续变化的量,如温度、压力、液体、流量和速度等都是模拟量。为使 PLC 处理模拟量,必须实现模拟量和数字量之间的 A/D 转换和 D/A 转换。目前 PLC 厂家都配套有这两种转换功能的模块,使 PLC 能够方便地应用于对模拟量的控制。

3. 运动控制功能

可编程控制技术可以用于圆周运动或直线运动的控制。从控制机构配置来说,早期直接用于开关量 I/O 模块连接位置传感器和执行机构,现在一般使用专用的运动控制模块。世界上大多数 PLC 生产厂家的产品几乎都配备拖动步进电动机或伺服电动机的单轴或多轴位置控制模块,使其广泛用于各种机械设备,如对各种机床、装配机械、机器人等的运动控制。

4. 过程控制功能

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。PID 调节是一般闭环系统中用得较多的调节方法,大、中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 模块和 PID 控制功能,目前许多小型 PLC 也具有模拟量 I/O 和 PID 功能模块。PID 处理一般是运行专用的 PID 子程序。所以,作为工业控制计算机的 PLC,能够编写各种各样的控制算法程序构成闭环控制,用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒及闭环位置控制和速度控制等方面。

5. 数据处理功能

现代的 PLC 都具有数学运算(含矩阵运算、函数运算、浮点运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表和位操作等功能,可以完成数据的采集、分析和处理操作,同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置,如计算机数值控制(CNC)设备,进行处理。数据处理一般用于大型控制系统,如无人控制的柔性制造系统,也可用于过程控制系统,如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

6. 通信联网功能

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信。随着计算机控制的发展,工业自动化网络发展很快,各 PLC 生产厂家都十分重视 PLC 的通信功能,纷纷推出各自的网络系统。系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络,以实现信息的交换,并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统,满足工厂自动化(FA)系统发展的需要。新近生产的 PLC 都具有通信接口,通信非常方便。

除上述功能以外, PLC 还具有步进控制功能、定时控制功能、计数控制功能、停电保持功能、监控功能、故障诊断功能等。

目前, 可编程控制技术的应用领域仍在扩展, 在日本, PLC 的应用范围已经从传统的产业设备和机械的自动控制扩展到中小型过程控制系统、远程维护服务系统、节能监视控制系统及与生活关联的机器系统、与环境关联的机器系统中, 而且均有急速上升趋势。值得注意的是, 随着可编程控制技术与分布控制系统 (DCS) 的相互渗透, 二者的界线日趋模糊, PLC 从传统的离散制造业逐步向连续的流程工业扩展。

1.4

PLC 的分类与性能指标

1.4.1 PLC 的分类

PLC 产品的种类繁多, 其规格和性能也各不相同。对 PLC 的分类, 通常根据其结构形式的不同、功能的差异和 I/O 点数的多少等进行大致分类。

1. 按结构形式分类

根据 PLC 的结构形式, 可将 PLC 分为整体式和模块式两类。

(1) 整体式 PLC

整体式 PLC 是将电源、CPU、I/O 接口等部件都集中装在一个机箱内, 具有结构紧凑、体积小、价格低的特点。小型 PLC 一般采用整体式结构。整体式 PLC 由不同 I/O 点数的基本单元 (又称主机) 和扩展单元组成。基本单元内有 CPU、I/O 接口、与 I/O 扩展单元相连的扩展口, 以及与编程器或 EPROM 写入器相连的接口等。扩展单元内只有 I/O 和电源等, 没有 CPU。基本单元和扩展单元之间一般用扁平电缆连接。整体式 PLC 一般还可配备特殊功能单元, 如模拟量单元、位置控制单元等, 使其功能得以扩展。

(2) 模块式 PLC

模块式 PLC 是将 PLC 各组成部分分别做成若干个单独的模块, 如 CPU 模块、I/O 模块、电源模块 (有的含在 CPU 模块中) 及各种功能模块。模块式 PLC 的各种模块组成装在框架或基板的插座上。模块式 PLC 的特点是配置灵活, 可根据需要选配不同规模的系统, 而且装配方便, 便于扩展和维修。大、中型 PLC 一般采用模块式结构。

还有一些 PLC 将整体式和模块式的特点结合起来, 构成叠装式 PLC。叠装式 PLC 中的 CPU、电源、I/O 接口等也做成各自独立的模块, 但它们之间是靠电缆进行连接, 并且各模块可以一层层地叠装。这样, 不但系统可以灵活配置, 还可以使体积变小。

2. 按功能分类

根据 PLC 所具有的功能不同, 可将 PLC 分为低档、中档和高档 3 类。